

KARAKTERISTIK ISOTERMIS SORPSI AIR DAN UMUR SIMPAN LEDOK INSTAN

Moisture Sorption Isotherm Characteristics and Shelf Life of Ledok Instant

I Made Anom Sutrisna Wijaya¹, I Ketut Suter², Ni Made Yusa²

¹Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Kampus Unud Bukit Jimbaran, Bali, 80361

²Jurusan Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana

Kampus Unud Bukit Jimbaran, Bali, 80361

Email: anomsw@ftp.unud.ac.id

ABSTRAK

Ledok adalah salah satu makanan tradisional dari Nusa Penida Bali, yang berbentuk seperti bubur. Bahan baku utama dari *ledok* ini adalah jagung dan singkong atau ubi jalar, dan bahan lain yang ditambahkan adalah kacang tanah, kacang merah, dan daun bayam. Pada studi ini dipelajari tentang karakteristik sorpsi-isoterm dari *ledok* instan yang diberi tambahan ikan tongkol. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik isotermis sorpsi air *ledok* instan yang diberi tambahan ikan tongkol, dan untuk menentukan umur simpan (*shelf life*) dari *ledok* instan tersebut yang dikemas dengan aluminium foil dan plastik HDPE (*high sensity polyethylene*). Isotermis sorpsi air *ledok* instan ditentukan dengan menggunakan metode gravimetri standar, dan karakteristiknya dianalisis menggunakan metode GAB (Guggenheim, Anderson, dan de Boer). Umur simpannya ditentukan menggunakan metode ASLT (*accelerated shelf life testing*) dan dihitung menggunakan Model Labuza dengan pendekatan kadar air kritis. Hasil pengujian diperoleh bahwa isotermis sorpsi air *ledok* instan mempunyai bentuk sigmoid tipe II dengan nilai kadar air monolayernya (M_0) sebesar 0.0404 g H₂O/100 g bahan kering, nilai konstanta K sebesar 0.855, dan nilai konstanta C sebesar 92.268. Umur simpan *ledok* instan yang dikemas aluminium foil adalah 29,8 bulan, sedangkan yang dikemas dengan plastik HDPE mempunyai umur simpan 6,0 bulan.

Kata kunci: *Ledok* instan, sorpsi isoterm, metode ASLT dan umur simpan

ABSTRACT

Ledok is a traditional food from Nusa Penida, Bali, in form of non-rice porridge. The main ingredients of *Ledok* were corn and cassava, and other ingredients such as peanut, red bean and spinach. The moisture sorption isotherm of instant *Ledok* with additional of frigate mackerel was observed in this study. The objectives of this study were to observe the moisture sorption isotherm properties of instant *Ledok*, and predict the shelf life of instant *Ledok* that packed in aluminum foil and HDPE (high density polyethylene) packaging material. Moisture sorption isotherms of instant *Ledok* were determined using the standard gravimetric static method over a range of relative humidity from 30% to 90%. The experimental sorption curves were fitted by GAB (Guggenheim-Anderson-de Boer) equation. The shelf life was determined using the ASLT (accelerated shelf life testing) method and calculated using Labuza model. The sorption isotherm curve of instant *Ledok* was found to be sigmoid shape of type II isotherm with monolayer (M_0) value of 0.0404 g H₂O/100 g dry solid, K value of 0.855, and C value of 92.268. The predicted shelf life of instant *Ledok* was 29.8 months if packed in aluminum foil, and 6.0 months if packed in HDPE packaging materials.

Keywords: Instant *Ledok*, moisture sorption isotherm, ASLT method, shelf life

Pendahuluan

Ledok adalah makanan tradisional yang berasal dari daerah Nusa Penida Kabupaten Klungkung Bali yang berbentuk seperti bubur, yang menggunakan jagung dan ketela pohon sebagai bahan baku utamanya tanpa menggunakan beras. Bahan lain yang sering ditambahkan kedalam *ledok* ini adalah kacang panjang, kacang merah, dan daun kemangi. Kadang-kadang ikan segar juga ditambahkan kedalam *ledok*. Proses pembuatan *ledok* dilakukan dengan cara memasak semua bahan baku dan bahan tambahan di dalam air mendidih sambil diaduk-aduk hingga matang yaitu hingga berbentuk seperti bubur. Suter dkk. (2007) melaporkan bahwa komposisi nutrisi dari makanan tradisional *Ledok* ini adalah sebagai berikut: kadar air 71,92%, kadar abu 0,98%, kandungan protein 3,15%, kadar lemak 4,71%, serat 3,18% dan kandungan karbohidrat 16,05%.

Ledok instan adalah produk hasil pengembangan *Ledok* tradisional yang diharapkan menjadi bahan pangan yang dapat dikonsumsi dan dipasarkan ke luar daerah dan memiliki umur simpan yang lebih lama daripada *Ledok* tradisional dengan kadar air berkisar antara 8,7% sampai dengan 11% (Suter dkk., 2011). Penelitian yang dilakukan oleh Sugitha dkk. (2007) melaporkan bahwa produk *Ledok* yang diperoleh dari *Ledok* instan yang diberi tambahan ikan tenggiri sebanyak 1,96% dari total bahan baku, memiliki kandungan nutrisi sebagai berikut: kadar air 75,67%, protein 5,79%, kadar lemak 9,07%, karbohidrat 8,24% dan kadar abu 1,23%.

Pengetahuan tentang isoteremis sorpsi air bahan pangan sangat diperlukan untuk menentukan kualitas, stabilitas dan umur simpan dari bahan pangan tersebut (Labuza, 1984). Isoteremis sorpsi air menjelaskan tentang hubungan antara kadar air bahan dengan kelembaban relatif (RH) kesetimbangan pada suhu tertentu. Kurva ini menggambarkan sifat-sifat hidratisasi bahan pangan, yaitu kemampuan bahan pangan secara alami dapat menyerap air dari udara di sekelilingnya dan sebaliknya dapat melepaskan sebagian air yang terkandung di dalamnya ke udara. Bell dan Labuza (2000) mengklasifikasikan bentuk kurva isoteremis sorpsi air menjadi tiga tipe yaitu tipe I, II, dan III. Tipe I adalah bentuk kurva yang khas untuk antikempal. Bahan ini menyerap air pada sisi spesifik dengan energi pengikatan yang tinggi dan mampu menahan air dengan jumlah yang cukup besar pada a_w rendah. Tipe II adalah kurva yang paling banyak dijumpai pada produk pangan terutama produk pangan kering. Bentuk kurva pada tipe ini disebabkan oleh kombinasi efek koligatif, kapiler dan interaksi air permukaan. Tipe III adalah kurva yang banyak dijumpai pada bahan-bahan kristal seperti sukrosa.

Penelitian tentang isoteremis sorpsi air biji-bijian dan bahan pangan telah banyak dilakukan, diantaranya Ertugay dan Certel (2000) meneliti tentang karakteristik isoteremis

sorpsi air gandum, *barley*, *rye*, *oat*, dan jagung pada suhu penyimpanan yang berbeda. Casada (2002) menentukan laju adsorpsi air dari gandum dan *barley* pada kondisi ruang penyimpanan biji-bijian, Aviara dkk. (2004) meneliti tentang isoteremis sorpsi air kedelai, dan Kaleemullah dan Kailappan (2004) menginvestigasi kurva isoteremis sorpsi air cabai merah pada berbagai suhu dan RH ruang penyimpanan. Selain penelitian tentang isoteremis sorpsi air bahan pangan, penelitian yang sama pada bahan yang berasal dari tanaman rempah dan obat-obatan telah banyak juga dilakukan seperti yang dilaporkan oleh Soysal dan O'ztekin (1999), Kouhila dkk. (2001), dan Park dan Brod (2002). Mereka menekankan bahwa perbedaan kurva isoteremis sorpsi air dari bahan hasil pertanian tersebut yang disimpan pada kondisi yang serupa disebabkan karena perbedaan struktur fisik dan kimianya.

Beberapa persamaan teoritis, semi teoritis dan persamaan empiris telah dikembangkan untuk membuat model hubungan antara kadar air kesetimbangan, kelembaban relatif kesetimbangan, dan suhu untuk bahan pangan dan bahan hasil pertanian. Persamaan yang telah dikembangkan dan yang sering digunakan adalah persamaan GAB (Guggenheim-Anderson-de Boer), Halsey, BET (Brunauer-Emmett-Teller), Henderson dan Oswin (Kaya dan O'ner, 1996; Kaya dan Kahyaoglu, 2007). Basunia dan Abe (2005) melaporkan bahwa persamaan Chung Pfof yang dimodifikasi merupakan model yang paling tepat untuk proses adsorpsi *barley*.

Umur simpan merupakan selang waktu antara bahan pangan mulai diproduksi hingga tidak dapat diterima lagi oleh konsumen akibat adanya penyimpangan mutu. Kerusakan produk pangan dapat disebabkan oleh adanya penyerapan air oleh produk selama penyimpanan. Produk pangan yang dapat mengalami kerusakan seperti ini di antaranya adalah produk kering, seperti snack, biskuit, krupuk, permen, dan sebagainya (Adawiyah, 2006). Kerusakan produk dapat diamati dari penurunan kekerasan atau kerenyahan, peningkatan kelengkungan atau penggumpalan.

Laju penyerapan air oleh produk pangan selama penyimpanan dipengaruhi oleh tekanan uap air murni pada suhu udara tertentu, permeabilitas uap air dan luasan kemasan yang digunakan, kadar air awal produk, berat kering awal produk, kadar air kritis, kadar air kesetimbangan pada RH penyimpanan, dan *slope* kurva isoteremis sorpsi air. Faktor-faktor tersebut diformulasikan oleh Labuza (1984) menjadi model matematika dan digunakan sebagai model untuk menduga umur simpan. Model matematika ini dapat diterapkan khususnya untuk produk pangan kering yang memiliki kurva isoteremis sorpsi air berbentuk sigmoid. Lebih lanjut Labuza (1984) menyatakan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi umur simpan produk pangan kering adalah kadar air awal, kadar air kritis, kadar air kesetimbangan, RH dan jenis kemasan.

Metode pendugaan umur simpan dapat dilakukan dengan metode extended storage study (ESS) dan accelerated shelf-life testing (ASLT). Penentuan umur simpan produk pangan dengan metode ESS dilakukan dengan menyimpan produk pada kondisi penyimpanan yang sebenarnya. Cara ini menghasilkan hasil yang paling tepat, namun memerlukan waktu yang lama dan biaya yang besar. Kendala yang sering dihadapi oleh industri dalam penentuan umur simpan suatu produk adalah masalah waktu, karena bagi produsen hal ini akan mempengaruhi jadwal *launching* suatu produk pangan. Oleh karena itu diperlukan metode pendugaan umur simpan yang cepat, mudah, murah dan mendekati umur simpan yang sebenarnya. Penentuan umur simpan dengan metode ASLT dilakukan dengan cara menyimpan produk pangan pada kondisi lingkungan (suhu dan kelembaban) yang dapat menyebabkannya produk cepat rusak. Data perubahan mutu selama penyimpanan diubah dalam bentuk model matematika, kemudian umur simpan ditentukan dengan cara ekstrapolasi persamaan pada kondisi penyimpanan normal. Metode akselerasi dapat dilakukan dalam waktu yang lebih singkat dengan akurasi yang baik. Metode ASLT yang sering digunakan adalah model Arrhenius dan model kadar air kritis (Kusnandar, 2012).

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan karakteristik isoterms sorpsi air dan umur simpan *Ledok* instan. Karakteristik isoterms sorpsi air terdiri atas nilai kadar air monolayer (M_o), konstanta K dan konstanta C. Pada penelitian ini digunakan persamaan GAB (Guggenheim-Anderson-de Boer) untuk menentukan karakteristik isoterms sorpsi air *Ledok* instan. Metode GAB telah terbukti memiliki ketepatan yang tinggi pada kisaran a_w yang luas pada berbagai bahan pangan.

METODE PENELITIAN

Bahan

Ledok instan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *ledok* instan yang dibuat dengan formulasi Suter dkk. (2007) yang diberi tambahan ikan tongkol sebanyak 8,77% dan dikemas dengan aluminium foil (alufo) dan plastik HDPE (*high density polyethylene*). Kadar air *ledok* instan adalah 8.5 %bk. Bahan kimia yang digunakan dalam penentuan isoterms sorpsi air *ledok* instan ini adalah $MgCl_2$, K_2CO_3 , $CoCl_2$, NaCl, KCl dan $BaCl_2$.

PROSEDUR PENELITIAN

Kurva Isoterms Sorpsi Air *Ledok* Instan

Penentuan kurva sorpsi pada penelitian ini menggunakan metode gravimetri statis yaitu menggunakan larutan garam

lewat jenuh untuk membuat RH atau aktivitas air (a_w) tertentu. Enam jenis larutan garam lewat jenuh yaitu larutan garam lewat jenuh $MgCl_2$, K_2CO_3 , $CoCl_2$, NaCl, KCl and $BaCl_2$ dipersiapkan untuk mendapatkan rentang RH kesetimbangan atau aktivitas air yang cukup lebar yaitu dari 0,3 sampai 0,9 (Greenspan, 1977). Enam buah toples yang terbuat dari gelas kaca (*glass jar*) digunakan sebagai wadah untuk masing-masing larutan garam lewat jenuh, dimana masing-masing toples tersebut dilengkapi dengan plat berlubang dan berkaki. Plat tersebut digunakan sebagai alas pemisah antara larutan garam lewat jenuh dan sampel penelitian, sehingga tidak terjadi kontak langsung antara larutan garam lewat jenuh dengan sampel penelitiannya. Sebanyak 5 ± 0.2 gram *ledok* instan disiapkan dalam wadah aluminium yang telah diketahui beratnya kemudian dimasukkan ke dalam masing-masing toples yang telah berisi garam lewat jenuh. Ke enam buah toples yang telah berisi sampel tersebut kemudian dimasukkan ke dalam inkubator suhu $28^\circ C$ dan perubahan beratnya diamati setiap hari. Pengukuran berat dihentikan apabila sudah tercapainya kadar air kesetimbangan ($EMC = equilibrium moisture content$) yang dicirikan oleh perubahan berat sampel kurang dari 0,001 gram. Nilai kadar air kesetimbangannya ditentukan dengan metode oven (AOAC, 2007), yaitu sejumlah sampel dimasukkan ke dalam oven pengering dengan suhu $105^\circ C$ selama 24 jam. Pelaksanaan penelitian dilakukan sebanyak dua kali ulangan.

Karakteristik isoterms sorpsi air dari *Ledok* instan yang meliputi nilai kadar air monolayer M_o , nilai konstanta K dan C ditentukan dengan menggunakan model GAB. Penentuan umur simpan *Ledok* instan ini juga dihitung berdasarkan kurva isoterms sorpsi air. Adapun persamaan GAB yang digunakan adalah persamaan 1.

$$\frac{M}{M_o} = \frac{K.C.a_w}{(1 - K.a_w)(1 - K.a_w + C.K.a_w)} \quad \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

- K dan C = konstanta,
- a_w = aktivitas air,
- M = kadar air (kg air/kg bahan kering)
- M_o = kadar air monolayer (kg air/kg bahan kering)

Nilai K, C, dan M_o dihitung mengikuti prosedur yang dilakukan oleh Bizot (1983) untuk *fitting* data aktivitas air dan kadar air kesetimbangan ke dalam persamaan GAB. Langkah-langkah penghitungan nilai K, C, dan M_o adalah:

1. Persamaan GAB dimodifikasi menjadi:

$$\frac{a_w}{M} = \frac{(1 - K.a_w)(1 - K.a_w + C.K.a_w)}{K.C.M_o} \quad \dots\dots\dots (2)$$

2. Dilakukan beberapa penyusunan ulang secara aljabar, sehingga diperoleh:

$$\frac{a_w}{M} = \frac{1}{K.C.M_o} + \frac{(C-2)}{C.M_o}.a_w + \frac{K}{C.M_o}.(1-C)a_w^2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\frac{a_w}{M} = a_1 + a_2.a_w + a_3.a_w^2 \quad \dots\dots\dots (4)$$

Dimana

$$a_1 = \frac{1}{K.C.M_o}, \quad a_2 = \frac{(C-2)}{C.M_o}, \quad a_3 = \frac{K}{C.M_o}(1-C)$$

3. Dengan menggunakan hubungan tersebut, nilai M_o , K , dan C ditentukan sebagai fungsi dari koefisien (a_1 , a_2 , a_3) dari persamaan 4, sehingga diperoleh:

$$K = \frac{-a_2 \pm \sqrt{a_2^2 - 4.a_1.a_3}}{2.a_1} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$C = 2 + \frac{a_2}{a_1.K} \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$M_o = \frac{1}{a_1.K.C} \quad \dots\dots\dots (7)$$

Umur Simpan *Ledok* Instan

Umur simpan *Ledok* instan dengan kemasan aluminium foil dan plastik HDPE dihitung menggunakan persamaan yang dikembangkan oleh Labuza (1984) dengan pendekatan kadar air kritis, yaitu persamaan 8.

$$\theta = \frac{b \left[\frac{(M_e - M_i)}{(M_e - M_c)} \right]}{\left(\frac{k}{x} \right) \left(\frac{A}{W_s} \right) \left(\frac{P_o}{b} \right)} \quad \dots\dots\dots (8)$$

Dimana:

- θ = umur simpan (hari)
- M_e = kadar air kesetimbangan (% bk)
- M_i = kadar air awal (% bk)
- M_c = kadar air kritis (% bk)
- k/x = permeabilitas kemasan (g/m.m².mmHg/hari)
- A = luas kemasan (m²)
- W_s = berat sampel (g)
- P_o = tekanan uap jenuh (mmHg)
- b = slope kurva isothermis sorpsi air

Ledok instan ditimbang sebanyak masing-masing 300 g, kemudian dimasukkan ke dalam kemasan aluminium foil dan plastik HDPE. Dimensi kemasan yang digunakan adalah panjang 25 cm dan lebar 15 cm. Ketebalan untuk masing-masing kemasan adalah 0,15 mm untuk aluminium foil dan

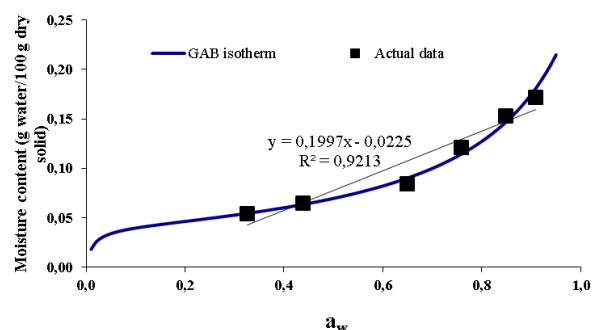
0,20 mm untuk HDPE. Produk tersebut disimpan pada ruang penyimpanan dengan suhu 28°C dan RH 75%. Parameter-parameter yang harus ditentukan dalam perhitungan umur simpan dengan rumus Labuza (1984) adalah kadar air kritis, kadar air kesetimbangan, permeabilitas kemasan, dan *slope* kurva isothermis sorpsi air.

Kadar air kritis ditentukan pada saat *ledok* instan mulai menggumpal. Sedangkan kadar air kesetimbangan ditentukan pada kondisi suhu ruang 28°C dan RH ruang 75%. Pengukuran kadar air dilakukan menggunakan metode oven. Permeabilitas uap air kemasan yang digunakan pada penelitian ini adalah diambil dari data sekunder (Histifarina, 2004). Permeabilitas uap air aluminium foil adalah 0.02 g/m².mmHg/hr (Histifarina, 2004), sedangkan HDPE adalah sebesar 0.10 g/m².mmHg/hr (Limonu, M. dkk, 2008). *Slope* kurva isothermis sorpsi air adalah *slope* linear dari kurva isothermis sorpsi air

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Isothermis Sorpsi Air *Ledok* Instan

Data hasil pengukuran kadar air kesetimbangan *Ledok* instan di plot terhadap aktivitas air (a_w) disajikan pada Gambar 1. Pada gambar tersebut juga disajikan kurva fit dari data tersebut. Kurva fit dibuat menggunakan model GAB. Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa kurva isothermis sorpsi air dari *Ledok* instan mengikuti pola S (sigmoid) isothermis tipe II, yang mana pola S tipe II ini merupakan ciri khas untuk bahan makanan kering yang kaya akan karbohidrat (Wolf dkk., 1972). Persamaan GAB untuk kurva isothermis sorpsi air dari *Ledok* instan pada penelitian ini adalah $y = - 20.91 x^2 + 24.188 x + 0.3134$. Penelitian yang dilakukan oleh Histifarina (2004) dan Limonu dkk. (2008) tentang kurva ISA (isothermis sorpsi air) pada produk kentang tumbuk instan dan jagung muda instan menyatakan bahwa kurva sigmoid tipe II merupakan kurva khas untuk produk makanan instan. Adawiyah (2006) menyatakan bahwa bentuk sigmoid ini disebabkan oleh adanya efek kapilaritas dan adanya interaksi antara permukaan bahan dengan dengan molekul air. Labuza (1984)



Gambar 1. Kurva GAB isothermis sorpsi air *ledok* instan

menyatakan bahwa pola S tersebut disebabkan oleh efek akumulasi dari ikatan hidrogen, *Raoult law*, dan interaksi antara permukaan bahan dengan molekul air.

Berdasarkan persamaan kurva isothermis sorpsi air tersebut dan dengan menggunakan persamaan 5 dan 6 diperoleh nilai parameter isothermis sorpsi air *ledok* instan K, C, masing-masing sebesar 0,855 dan 92,268 kkal,. Nilai C dan K menunjukkan energi adsorpsi monolayer dan multilayer. Dari hasil perhitungan tersebut terlihat bahwa nilai C yang merupakan energi adsorpsi yang berhubungan dengan energi pengikatan air pada lapisan monolayer cukup tinggi. Tingginya energi adsorpsi ini berkaitan dengan tipe ikatan yang terlibat dalam pengikatan air.

Dengan menggunakan persamaan 7, nilai kadar air monolayer (Mo) atau kapasitas air terikat primer *Ledok* instan diperoleh sebesar 0.0404. g H₂O/100 g bahan kering. Nilai kadar air monolayer *Ledok* instan ini tidak jauh berbeda dengan kadar air monolayer produk instan bubuk kentang yang diteliti oleh Histifarina (2004) sebesar 0.0407 g H₂O/100 g bahan kering. Aguilera dan Stanley (1999) menyatakan bahwa air terikat primer pada daerah ini adalah air yang terikat sangat kuat pada bagian polar molekul air oleh ikatan hidrogen. Air ini pada umumnya berada pada kisaran a_w 0.2-0.4. Nilai M_0 ini sangat diperlukan untuk menentukan kondisi penyimpanan dan kontrol terhadap reaksi kerusakan yang mungkin terjadi.

Umur Simpan *Ledok* Instan

Umur simpan *Ledok* instan diduga dengan metode ASLT menggunakan pendekatan kadar air kritis karena merupakan produk pangan kering yang mudah menyerap air. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Rahayu dkk. (2005) dan pernyataan Kusnandar (2012) yang menyatakan bahwa model untuk menduga umur simpan produk pangan yang mudah rusak karena penyerapan air adalah dengan pendekatan metode kadar air kritis. Data percobaan yang diperoleh dapat mensimulasi umur simpan produk dengan permeabilitas kemasan dan kelembaban relatif ruang penyimpanan yang berbeda.

Ledok instan dengan kadar air 8,5%bk dikemas menggunakan bahan kemasan aluminium foil dan plastik HDPE, dan disimpan pada ruang penyimpanan dengan suhu 28°C dan RH 75%. Parameter-parameter yang harus ditentukan dalam perhitungan umur simpan dengan rumus Labuza (1984) adalah kadar air kritis, *slope* kurva isothermis sorpsi air, permeabilitas kemasan, dan kadar air kesetimbangan. Nilai parameter yang digunakan dalam perhitungan adalah seperti yang ditampilkan pada Tabel 1.

Perhitungan umur simpan *Ledok* instan yang dilakukan dengan memasukkan nilai parameter pada Tabel 1 ke dalam persamaan 8, diperoleh bahwa *Ledok* instan yang dikemas dengan aluminium foil mempunyai umur simpan yang lebih panjang dibandingkan dengan yang dikemas dengan plastik HDPE. Umur simpan *Ledok* instan yang dikemas dengan aluminium foil adalah 29,8 bulan, sedangkan *Ledok* yang dikemas dengan plastik HDPE, umur simpannya 6,0 bulan. Kemasan dari aluminium foil memiliki permeabilitas yang jauh lebih kecil dari kemasan HDPE sehingga kemungkinan terjadinya penyerapan uap air dari lingkungan sekitar juga sangat kecil. Hasil penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Histifarina (2004) bahwa kentang tumbuk instan yang dikemas dengan kombinasi kemasan aluminium foil PET 12/Aluvo7/LLDPE40 memiliki umur simpan yang lebih panjang dibandingkan dengan produk yang dikemas dengan plastik HDPE.

KESIMPULAN

Kurva sorpsi isotherm *Ledok* instan mempunyai bentuk S (sigmoid) tipe II yaitu kurva khas untuk produk pangan kering atau instan dengan nilai kadar air monolayer (M_0) 0,0404 g H₂O/100 g bahan kering, nilai K 0,855, dan nilai C sebesar 92,268. Umur simpan *Ledok* instan yang diduga dengan pendekatan kadar air kritis menggunakan persamaan Labuza adalah 29,8 bulan untuk *Ledok* instan yang dikemas dengan aluminium foil, dan 6,0 bulan untuk *ledok* instan yang dikemas dengan plastik HDPE.

Tabel 1. Nilai parameter yang digunakan dalam perhitungan umur simpan *ledok* instan

Jenis kemasan	k/x	Parameter						
		Kadar air awal (Mi), g air/100 g bhn kering	Kadar air kritis (Mc), g air/100 g bhn kering	Kadar air kesetimbangan (Me), g air/100 g bhn kering	A (m ²)	Ws, (berat sampel, g)	Po (mmHg)	b
Alufo	0,02	0,085	0,105	0,127	0,075	300,00	28,349	0,200
HDPE	0,10	0,085	0,105	0,127	0,075	300,00	28,349	0,200
k/x = permeabilitas uap air (g/m ² .mmHg/hr)								

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Rektor Universitas Udayana (LPPM UNUD) yang telah medanai penelitian ini melalui skim Hibah Penelitian Strategis Nasional yang bersumber pada DIPA Universitas Udayana No. 0229.0/023-04-2/XX/2009 Tanggal 31 Desember 2009.

DAFTAR PUSTAKA

- Adawiyah, D.R. (2006). *Hubungan sorpsi air, suhu transisi gelas, dan mobilitas air serta pengaruhnya terhadap stabilitas produk pada model pangan*. Disertasi. Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- AOAC International. (2007). *Official Methods of Analysis, 18th edn., 2005*. AOAC International, Gaithersburg, MD.
- Aviara, N.A., Ajibola, O.O. dan Oni, S.A. (2004). Sorption equilibrium and thermodynamic characteristics of soya bean. *Biosystems Engineering* **87**: 179-190.
- Basunia, M.A. dan Abe, T. (2005). Adsorption isotherms of barley at low and high temperatures. *Journal of Food Engineering*. **66**(1): 129-136.
- Bell L.N. dan Labuza, T.P. (2000). *Moisture Sorption Practical Aspects of Isotherm Measurement and Use* 2nd Edition. American Association of Cereal Chemists, Inc., USA.
- Bizot, H. (1983). Using the GAB model to construct sorption isotherms. *Dalam*: Jowitt, R., Escher, F. dan Vos, G. (eds.) *Physical Properties of Foods*, hal. 43-54. Applied Science Publishers, London, UK.
- Casada, M.E. (2002). Moisture adsorption characteristics of wheat and barely. *Transaction of American Society of Agricultural Engineering* **45**(2): 361-368.
- Ertugay, M.F. dan Certel, M. (2000). Moisture sorption isotherms of cereals at different temperatures. *Nahrung* **44**(2): 107-109.
- Greenspan, L. (1977). Humidity fixed point of binary saturated aqueous solutions. *Journal of Research of National Bureau of Standards* **81**(a): 89-96.
- Histifarina, D. (2004). Pendugaan umur simpan kentang tumbuk instan berdasarkan kurva isoterme sorpsi air dan stabilitasnya selama penyimpanan. *Journal of Horticulture* **14**(2): 113-120.
- Kaleemullah, S. dan Kailappan, R. (2004). Moisture sorption isotherms of red chilies. *Biosystems Engineering* **88**(1): 95-104.
- Kaya, S. dan Oner, M.D. (1996). Water activity and moisture sorption isotherms of Gaziantep cheese. *Journal of Food Quality* **19**: 121-132.
- Kaya, S. dan Kahyaoglu, T. (2007). Moisture sorption and thermodynamic properties of safflower petals and tarragon. *Journal of Food Engineering* **78**: 413-421.
- Kouhila, M., Belghit, A., Daguenet, M. dan Boutaleb, B.C. (2001). Experimental determination of the sorption isotherms of Mint (*Mentha viridis*), Sage (*Salvia officinalis*) and Verbena (*Lippia citriodora*). *Journal of Food Engineering* **47**: 281-287.
- Kusnandar, F. (2012). Pendugaan umur simpan produk pangan dengan metode accelerated self-life testing. <http://www.foodreview.biz>. [29 Februari 2012].
- Labuza, T.P. (1984). *Practical aspects of isotherm measurement and use: Am. Assoc. Cereal Chem. St. Paul, Minnesota*.
- Limonu, M., Sugiyono dan Kusnandar, F. (2008). Pengaruh perlakuan pendahuluan sebelum pengeringan terhadap instan jagung muda. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* **XIX**(2): 139-148
- Park, K.J., Vohnikova, Z. dan Brod, F.P.R. (2002). Evaluation of drying parameters and desorption isotherms of garden mint leaves (*Mentha Crispa* L.). *Journal of Food Engineering*, **51**: 193-199.
- Rahayu, W.P., Arpah, M. dan Diah, E. (2005). Penentuan waktu kadaluarsa dan model sorpsi isoterme biji dan bubuk lada hitam. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* **XVI** (1): 31-38.
- Soysal, Y. dan O'ztekin, S. (1999). Equilibrium moisture content equations for some medicinal and aromatic plants. *Journal of Agricultural Engineering Research* **74**: 317-324.
- Sugitha, I.M., Suter, I.K. dan Putra, I.N.K. (2007). *Diversifikasi Pangan Berbasis Ubi jalar, Jagung dan Sagu untuk Peningkatan Pendapatan dan Pemberdayaan Gender di Bali*. Pusat Kajian Makanan Tradisional Universitas Udayana, Jimbaran, Bali.
- Suter, I.K., Wijaya, I.M.A.S., Agung, I.G.N., Yusa, N.M. dan Suryawantha, I.B.K. (2007). *Studi Pengembangan Produk Olahan dari Ubi-umbian dan Jagung dalam Rangka Diversifikasi Pangan*. Kerjasama Dinas Pertanian Tanaman Pangan Provinsi Bali dengan Pusat Kajian Makanan Tradisional Lembaga Penelitian Universitas Udayana, Denpasar.

Suter, I.K., Wijaya, I.M.A.S. dan Yusa, N.M. (2011). Formulasi ledok instan yang ditambahkan ikan tongkol dan rumput laut. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* **22**(2): 190-196.

Wolf, M., Walker, J.E. dan Kapsalis, J.G. (1972). Water vapor sorption hysteresis in dehydrated food. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **20**:1073.